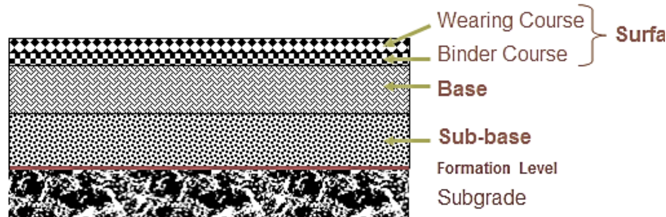
BAB 1
PENGENALAN KEPADA KEJURUTERAAN JALANRAYA

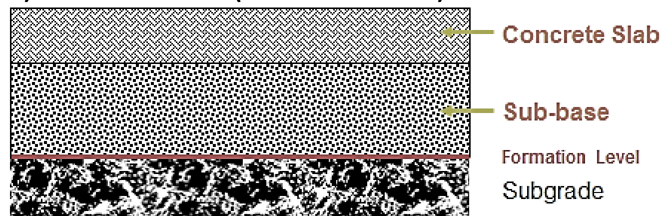
JENIS TURAPAN

A) TURAPAN LENTUR (FLEXIBLE PAVEMENT)



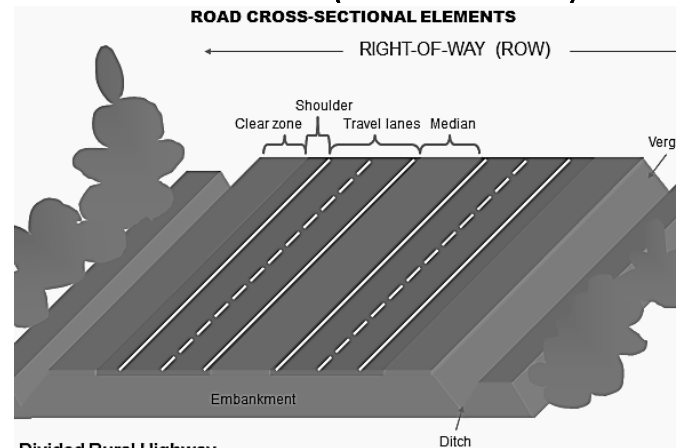
i. Terdiri daripada dengan bahan bitumen (atau asfalt).
ii. Dinamakan "lentur" kerana keseluruhan struktur turapan "melentur" atau "memesong" ke bawah disebabkan oleh beban trafik.
iii. Terdiri daripada beberapa lapisan bahan yang boleh menampung lenturan ini.
iv. Menggunakan lapisan permukaan yang lebih fleksibel dan mengagihkan beban lebih kawasan yang lebih kecil.
v. Bergantung kepada kombinasi lapisan untuk menyebarkan beban kepada subgred.

B) TURAPAN TEGAR (RIGID PAVEMENT)



i. Terdiri daripada konkrit simen portland (PCC).
ii. Dinamakan "tegar" kerana strukturnya adalah lebih keras daripada turapan lentur kerana kekukuhan tinggi daripada PCC.
iii. Oleh disebabkan kekukuhan tinggi daripada PCC, pengagihan bebannya adalah ke atas kawasan yang agak luas pada subgred.
iv. Papak konkrit itu sendiri memberikan kapasiti struktur turapan tegar.

ELEMEN JALAN (ROAD ELEMENTS)



A) TRAVEL LANE

i. Menyediakan laluan perjalanan.
ii. Kelebaran jalan mempengaruhi keselamatan dan keselesaan ketika memandu.
iii. Kelebaran 2.7-3.6m bergantung kepada isipadu trafik dan skop projek.

B) MEDIAN

i. Juga dikenali sebagai 'central reservation'.
ii. Membantu dalam mengalirkan air larian permukaan.
iii. Boleh digunakan untuk perlebaran jalan untuk masa akan datang
iv. Terdiri daripada tananman pokok untuk mengurangkan silau kenderaan.

C) SHOULDER

i. Rizab kawasan yang terletak pada pinggir jalan.
ii. Sama ada diturap atau tidak diturap.
iii. Fungsinya adalah:
  - Struktur sokongan kepada laluan perjalanan.
  - Membantu menghadang atau mencegah hakisan pada jalan.
  - Menyediakan kawasan untuk kerja penyelenggaraan.
  - Menyediakan kawasan longkang
  - Laluan untuk laluan pejalan kaki dan basikal.

D) CLEAR ZONE

i. Jumlah kawasan sempadan pada tepi jalan.
ii. Kawasan ini mengandungi bahu jalan, kawasan bercerun, kawasan mengalirkan air permukaan.
iii. Kelebaran bergantung kepada isipadu traffik dan kelajuan.

KLASIFIKASI JALAN

A) FUNGSI JALAN

i. Pengangkutan
  - mengangkut manusia dan barangan.
ii. Mobiliti/Pergerakan
  - bergerak dari satu tempat ke tempat lain.
iii. Kemudahan
  - mendapatkan kemudahan pada sesebuah tempat

B) KATOGERI JALAN

i. Jalan Luar Bandar (Rural Road)
  - Expressway
  - Highway
  - Primary Road
  - Secondary Road
  - Minor Road
ii. Jalan Bandar (Urban Road)
  - Expressway
  - Arterial
  - Collector
  - Local Street

PENTADBIRAN JALAN DI MALAYSIA

i. Jalan boleh dikelaskan:
  - Lebuhraya bertol (PLUS, NKVE, ELITE, KESAS)
  - Jalan persekutuan
  - Jalan negeri (dibina ikut JKR Standard/selenggara oleh JKR Negeri)
  - Jalan tempatan/Local authority road
  - Jalan kampung, jalan daerah.
ii. Organisasi yang terlibat:
  - Unit Perancang Ekonomi (UPE)
  - Unit Perancang Jalan (UPJ)
  - Lembaga Lebuhraya Malaysai (LLM)
  - Jabatan Kerja Raya (JKR)
  - Jabatan Pengangkutan Jalan (JPJ)
  - Lembaga Perlesenan Kenderaan Perdagangan (LPKP)
  - Polis Negeri
  - Jabatan Perancangan Bandar Dan Desa (JPBD)
  - Pihak Berkuasa Tempatan (PBT)
  - Jabatan Alam Sekitar (JPS)

BY IKHWAN ZAINUDDIN

BAB 2
BAHAN BINAAN JALANRAYA

CIRI-CIRI, UJIAN BAGI BAHAN GRANULAR, TANAH, BITUMEN DAN KONKRIT ASFALT

A) BAHAN GRANULAR (GRANULAR MATERIAL)

- Dalam pembinaan jalan raya, satu atau lebih lapisan bahan diletakkan dengan serta merta di atas subgred.
- *Unbound pavement course* (lapisan turapan tak terikat) terdiri daripada asas jalan raya untuk memastikan bahawa lapisan di atasnya cukup disokong supaya potensi penuh mereka dicapai.
- *Unbound pavement course* adalah kuat apabila betul dipadatkan
- *Unbound pavement course* adalah:
  - Lapisan tapak (base course)
  - Lapisan sub-tapak (sub-base course)

Lapisan Tapak

ii. Lapisan tapak turapan lentur mesti membantu untuk mengagihkan beban.
iii. Ketebalan adalah faktor penting dalam rekabentuk.
iv. Semasa mengagihkan beban, lapisan itu sendiri tidak boleh menjadi punca kegagalan.
v. Cukup kuat untuk menanggung beban tanpa kegagalan ricih dan aluran yang terhasil.
vi. mesti membenarkan air mengalir ke sisi struktur turapan.
vii. Jika lapisan tapak menjadi tepu, tegasan tinggi akan wujud disebabkan air terperangkap dalam ruang liang, dan kekuatan geseran yang kurang antara zarah.
viii. Bahan mestilah tahan lasak, iaitu tahan kepada kemusnahan atau kerosakan (saiz yang lebih kecil daripada haus dan luluhawa).
ix. Lapisan tapak juga mesti menghalang penyusupan bahan ke sub gred.
x. Lapisan ini biasanya mengandungi bahan berbutir/granular seperti *crushed stone, crushed/uncrushed slog, crushed/uncrushed gravel* dan *sand (Unbound).*
xi. Jika bahan ini tidak menepati sifat-sifat yang diperlukan ia boleh distabilkan dengan *portland cement, asphalt* dan *lime (bound).*
xii. Ujian: *California Bearing Ratio, Plasticity Index, Aggregate Impatc Value, Flakiness Index, Soundness* dan *Sieve.*

Lapisan Sub-Tapak

i. Sub-tapak bagi turapan lentur mesti mengalirkan air dengan mudah.
ii. Kekuatan adalah tidak penting, kerana lapisan adalah lebih rendah dalam struktur turapan, oleh itu tertakluk kepada beban yang lebih kecil.
iii. Komponen sub-tapak terdiri daripada bahan berkualiti tinggi yang biasanya digunakan untuk pembinaan sub gred
iv. Keperluan untuk bahan sub-tapak biasanya dari segi penggredan, ciri-ciri plastik dan kekuatan.
v. Fungsi sub-tapak adalah:
- Mengekalkan lapisan tapak jalan dan mengagihkan beban dari kenderaan.
- Bertindak sebagai lapisan saliran (jika bahan yang digunakan mampu mengalirkan air)
- Boleh digunakan sebagai jalan sementara semasa pembinaan
- Untuk melindungi sub-gred dari kegagalan disebabkan kesan iklim.
- Sebagai lapisan penghalang untuk mengelakkan pencampuran bahan lapisan tapak dan sub-gred.

vi. Ujian:
- *LL not more than 25%*
- *PI not more than 6%*
- *Aggregate crushing value not more than 35%*
- *CBR value of 30%*
- *Laterite sand – CBR value > 20%*

i. Bahan yang digunakan untuk sub-tapak harus memenuhi kehendak ujian *California Bearing Ratio, Liquid Limit, Plastic Limit, Aggregate Impatc Value, Los Angeles Abrasion* dan *Sieveing.*

B)TANAH (SOIL)

i. Sub-gred adalah tanah yang ditambak atau tanah asli di dalam/di bawah sub-tapak, bahu jalan dan jalan raya.
ii. Lapisan ini adalah bahagian pertama pembinaan jalan raya sebelum struktur lain dibuat/bina.
iii. Permukaan sub-gred dikenali sebagai aras formasi.
iv. Menurut definisi, arasformasi *(formation level)* adalah permukaan tanah selepas kerja kerja tanah, penyatuan, pemadatan dan penstabilan telah disiapkan.
v. Sub-gred digunakan sebagai lapisan yang mengekalkan beban dari permukaan atas.
vi. Pemilihan tanah yang sesuai adalah penting dalam reka bentuk dan pembinaan jalanraya.
vii. Sub-gred yang baik harus mempunyai ciri-ciri seperti berikut:
- Harus stabil di bawah kepelbagaian beban kenderaan dan keadaan iklim.
- Kekuatan sub gred harus kekal sepanjang tempoh reka bentuk.
- Keupayaan untuk mengalirkan air.

viii. Ciri tanah yang tidak sesuai:
- Tanah yang terdiri daripada tanah liat organik dan kelodak
- Nilai LL> 80% atau PI> 55%
- Nilai *Loss On Ignition* (LOI)> 2.5%
- Tanah terdiri dari akar, rumput, tumbuh-tumbuhan, toksik, gambut atau lumpur.

ix. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan sub-gred:
- Jenis tanah - tanah yang paling sesuai adalah tanah berbutir dan bahan yang paling tidak sesuai untuk sub-gred adalah tanah gambut.
- Kandungan air - kandungan lembapan yang sesuai tanah ditentukan melalui ujian pemadatan makmal.
- Kaedah dan tenaga pemadatan - kekuatan tanah juga bergantung kepada faktor-faktor ini dan di tapak sejenis jentera yang digunakan untuk pemadatan dan jumlah pengulangan pemadatan juga turut dipertimbangkan.

C) BITUMEN

i. Terdapat dua kategori iaitu bitumen dan tar.

USA	UK
Bitumen	Bitumen + tar
Asphalt (asphalt cement)	Bitumen
Asphalt concrete	Asphalt=bitumen+aggregate

ii. Bitumen boleh didapati dalam dua sumber iaitu:
- Sumber asli – terletak pada strata geologi dan boleh didapati dalam bentuk halus/keras.
- Bitumen Petroleum – proses penapisan minyak mentah dan banyak digunakan dalam pembinaan jalan raya.

iii. Boleh dikelasifikasikan kepada 4 jenis:
- *Penetration Bitumen*
- *Cutback Bitumen*
- *Emulsified Bitumen*
- *Blown Bitumen*

iv. Ujian: *Penetration, Softening Poin, Ductilit, Flash and Fire Point, Viscosity, Loss on Heating, Thin Film Oven Test, Specific Gravity, Solubility*

BY IKHWAN ZAINUDDIN

Penetration Bitumen

i. Gred – berdasarkan ujian penusukan *(penetration test)*, antara 40-300 dan ujian kelikatan *(viscosity test)* adalah antara 5-40.

Cutback Bitumen

i. Dihasilkan daripada bitumen (peratus antara 50-80%) dicampurkan dengan petroleum.
ii. Apabila dia dicampurkan dengan batu baur, petroleum akan tersejat dan membenarkan bitumen mengikat *(interlock)* dengan batu baur.
iii. Berdasarkan kadar penyejatan, bitumen jenis ini boleh diklasifikasikan kepada 3 kumpulan:
   - *Rapid curing* (Awet Cepat)
     - Digunakan sebagai salut jelujur *(tack coat)* dan rawatan permukaan.
     - Dihasilkan daripada campuran petroleum dan petrol.
   - *Medium curing* (Awet Sederhana)
     - Bitumen+kerosene
     - Digunakan untuk salut perdana (prime coat), campuran sejuk *(cold mix)* untuk kerja penampalan.
   - Slow curing (Awet Perlahan)
     - Bitumen+diesel
     - Digunakan untuk salut perdana *(prime coat)* untuk kerja penampalan dan pengawalan debu.

Emulsified Bitumen

i. Dihasilkan dengan campuran bitumen (55-65%) dengan air dan pengemulsi dalam pemutar koloid *(collodial rotor)*
ii. Ia akan mengurangkan kelikatan bitumen dan membolehkannya digunakan pada suhu rendah.
iii. Jenis-jenis bitumen bergantung kepada ejen mengemulsi yang digunakan. Kedua-dua jenis adalah seperti berikut:
   - anionik
     - Mengandungi titisan bitumen negatif.
     - Bitumen ini dihasilkan apabila ejen positif pengemulsi digunakan - alkali.
     - Ia adalah sesuai untuk digunakan dengan batu baur yang mempunyai cas positif seperti batu kapur.
   - kationik
     - Mengandungi titisan bitumen positif.
     - Bitumen ini dihasilkan apabila ejen negatif pengemulsi digunakan - asid.
     - Ia adalah sesuai untuk digunakan dengan batu baur yang mempunyai cas negatif seperti pasir, kuarza dan silika.

iv. Campuran bitumen boleh dikelaskan kepada tiga kumpulan:
   - *Rapid Setting* (Set Cepat) (RS)
     - Digunakan untuk rawatan permukaan dan salut jelujur.
   - *Medium Setting* (Set Sederhana) (MS)
     - Digunakan untuk penusukan Macadam dan campuran sejuk gred terbuka *(open graded cold mix).*
   - *Slow Setting* (Set Perlahan) (SS)
     - Digunakan untuk salut jelujur, campuran sejuk gred tumpat *(dense grade cold mix)*, menampal retak dan campuran cair
v. Kini, *emulsified bitumen* adalah yang paling banyak digunakan berbanding dengan *cutback bitumen* disebabkan oleh beberapa faktor seperti berikut:
   - Peraturan alam sekitar - *emulsified bitumen* mengandungi air manakala *cutback bitumen* mengandungi bahan yang boleh menyejat dan mencemarkan udara apabila ia telah digunakan.
   - Pembaziran petroleum - *cutback bitumen* menggunakan larutan petroleum.
   - Keselamatan - *emulsified bitumen* adalah lebih selamat untuk digunakan.
   - Suhu rendah pencampuran keadaan ini boleh mengurangkan kos penggunaan bahan api. Selain itu, *emulsified bitumen* boleh digunakan pada permukaan lembap manakala *cutback bitumen* memerlukan keadaan kering.

Blown Bitumen

i. Dihasilkan oleh pemanasan bitumen pada suhu tinggi dan udara dibenarkan melalui bitumen dan ia membuatkan bitumen menjadi lebih keras..
ii. Bitumen ini digunakan untuk bahan binaan bangunan terutama bagi bumbung.

D) KONKRIT ASFALT (ASPHALT CONCRETE)

i. Lapisan turapan berbitumen adalah kombinasi daripada batu baur dan pengikat *(binder).*
ii. Lapisan permukaan terdiri daripada dua lapisan
   - Lapisan haus *(wearing course)*
   - Lapisan pengikat *(binder course)*
iii. Lapisan permukaan biasanya mengandungi campuran mineral batu baur dan bahan asfalt.
iv. Kualitinya bergantung kepada rekabentuk campuran konkrit asfalt yang digunakan.
v. Bahan yang digunakan untuk lapisan ini adalah batu baur, bitumen dan bahan pengisi *(filler)*
vi. Secara umum, bahan-bahan asfalt konkrit dianggap seperti berikut:
   - Batu baur - menyediakan struktur saling bertaut, mengekalkan beban dan mengedarkan kepada lapisan bawah.
   - Bitumen - bahan pengikat yang mengikat batu baur untuk menghasilkan campuran yang kukuh dan stabil.
   - bahan pengisi - untuk mengisi lompang di dalam campuran dan meningkatkan keanjalan bitumen untuk menghasilkan campuran yang tahan lama dan mengurangkan pendarahan dalam campuran bitumen.

Lapisan Pengikat

i. Lapisan ini digunakan untuk mengagihkan beban ke bawah jalan
ii. menyediakan permukaan yang rata untuk membina lapisan.
iii. Saiz maksimum batu baur yang digunakan adalah 28 mm dan dicampurkan dengan peratusan bitumen dari 4 - 6%.

Lapisan Haus

i. lapisan teratas dengan fungsi utama kepada keselamatan pengguna jalan raya.
ii. Fungsi-fungsi lain lapisan haus yang disenaraikan seperti berikut:
   - Menyediakan rintangan gelinciran
   - Melindungi permukaan jalan
   - Menyediakan permukaan yang selamat dan selesa menunggang
   - Mengekalkan lelasan *(abrasion)* daripada trafik
   - Sebagai sistem penyaliran dengan menyediakan lapisan kalis air, dan air larian permukaan ke longkang sebelah.
iii. Saiz maksimum batu baur 20 mm dan dicampurkan dengan bitumen dengan peratusan antara 4.5-7%.

Batu Baur

i. Kebanyakan batu baur yang digunakan dalam pembinaan jalan raya batu baur semulajadi.
ii. Terdapat juga digunakan secara meluas batu baur tiruan seperti bahan buangan dari proses bijih timah.
iii. Batu baur boleh dikelaskan kepada tiga kumpulan mengikut saiz seperti berikut:
   - Batu baur kasar - tertahan pada ayak 2.36 mm.
   - Batu baur halus - melepasi ayak 2.36 mm dan tertahan pada 75 μm saiz saiz
   - bahan pengisi - debu melepasi saiz ayak 75 μ m (contohnya debu kuari dan simen Portland).

BY IKHWAN ZAINUDDIN

iv. Batu Baur Kasar - disaring selepas dihancurkan daripada batuan keras, bentuk yang bersegi (angular shape) dan bebas daripada habuk, tanah liat, bahan organik.
v. Batu baur halus - hendaklah pasir semulajadi yang bersih, kehalusannya disaring sama ada dari kuari atau perlombongan pasir. Perlombongan pasir hendaklah dibasuh sebelum digunakan.
vi. Lain-lain jenis batu baur halus boleh digunakan bergantung kepada keputusan jurutera. Batu baur halus hendaklah bukan plastik dan bebas dari tanah liat, tanah gembur, pengumpulan bahan, bahan organik.

MARSHAL MIX DESIGN

i. Kaedah yang paling digunakan untuk reka bentuk campuran adalah Kaedah Marshall (ASTM D 1559).
ii. Objektif rekabentuk Marshall adalah untuk menentukan nisbah pencampuran batu baur dan kandungan bitumen optimum untuk menghasilkan tahan lama, stabil dan mencukupi lompang, boleh digunakan, fleksibel, ekonomi dan kualiti.
iii. Kaedah yang paling biasa digunakan untuk menentukan kandungan bitumen optimum adalah kaedah yang dicadangkan oleh *Asphalt Institute*. Tatacara kaedah ini diberikan seperti berikut:
   a. Tentukan
      - Kandungan Bitumen untuk kestabilan maksimum
      - Kandungan Bitumen untuk ketumpatan maksimum
      - Kandungan bitumen pada median bagi spesifikasi VTM
      - Kandungan bitumen pada median bagi spesifikasi VFB
   b. Kirakan nilai min daripada 4 nilai
   c. Berdasarkan nilai min ini, tentukan nilai-nilai dari Marshall lengkungan sifat seperti yang disenaraikan di bawah (Rajah 2-2).
      Kestabilan (S)
      Aliran (F)
      Kekukuhan (S / F)
      Lompang dalam Jumlah Campurkan (VTM)
      Lompang Dipenuhi dengan Bitumen (VFB)
   d. Bandingkan nilai perolehi daripada (c) dengan nilai spesifikasi (Jadual 2-6).
   e. Jika ia memenuhi spesifikasi, bitumen boleh dianggap sebagai kandungan bitumen optimum.
   f. Jika ia tidak memenuhi keperluan, campuran perlu direka bentuk semula.

Table 2-6: Test and Analysis Parameters for Asphaltic Concrete

Parameter	Wearing Course	Binder Course
Stability	>500kg	>450kg
Flow	>2.0mm	>2.0mm
Stiffness	>250kg	>225kg
Air voids in mix (VTM)	3.0%-5.0%	3.0%-7.0%
Voids in aggregates filled with bitumen (VFB)	75-85%	65-80%

BAB 3
REKABENTUK TURAPAN (PAVEMENT DESIGN)

REKABENTUK TURAPAN LENTUR (ASSTHO)

A) PERTIMBANGAN REKABENTUK ASSTHO

i. Beban Trafik *(Traffic Load)*
   - *Equivalent Standard Axle Load* (ESAL)

ii. Sifat Sub-grade *(Subgrade Property)*
   - *Resilient Modulus (M_R)*

iii. Ciri-ciri Sub-tapak, tapak dan permukaan *(Subbase, Base and Surface Properties)*
   - *Resilient Modulus (M_R)*
   - *Structural Coefficients (a)*

iv. Kesan Alam Sekitar *(Environmental Effects)*
   - *Exposure to moisture, quality of drainage*
   - *Drainage coefficient (m)*

v. Prestasi/Variasi Trafik *(Traffic/Performance Variation)*
   - *Standard deviation (So) – presents the designer's ability to predict variations in traffic and pavement performance, So is usually 0.3 - 0.5*

vi. Keutuhan *(Reliability)*
   - *Based on functional classification and location (rural/urban)*

vii. Kebolehkhidmatan Turapan *(Pavement Serviceability)*
   - *Pavement Serviceability Index (PSI)*
   - *Initial PSIi = 4.5,*
   - *Terminal PSIt = 2.5 – 3.0 (expressways/highways)*
     2.0 (local roads)

B) PROSEDUR REKABENTUK TURAPAN LENTUR ASSTHO

ΔPSI	M_R	SN	a	m
Design serviceability loss	Resilient Modulus of subgrade, sub-base and base	Structural Number of surface, base and sub-base	Structural Coefficients of surface, base and sub-base	Drainage Coefficients of surface, base and sub-base

Determination of layer thickness

i. Penentuan Ketebalan Lapisan

- Lapisan Permukaan

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1 m_1}$$

$$SN_1^* = a_1\, D_1\, m_1$$

$$SN_1^* \geq SN_1$$

- Lapisan Tapak

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 m_2}$$

$$SN_2^* = a_2\, D_2\, m_2$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$$

- Lapisan Sub-Tapak

$$D_3 = \frac{SN_3 - SN_2^* - SN_1^*}{a_3 m_3}$$

$$SN_3^* = a_3\, D_3\, m_3$$

$$SN_1^* + SN_2^* + SN_3^* \geq SN_3$$

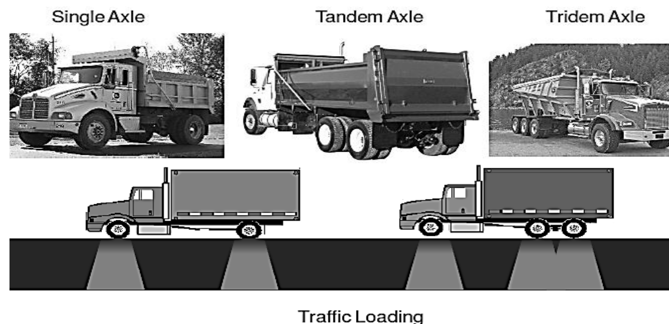
REKABENTUK TURAPAN LENTUR (KAEDAH JKR)

A) FAKTOR YANG MEMPENGARUHI REKABENTUK TURAPAN

i. Beban Trafik
   - Magnitud beban gandar *(Magnitud of axle load)*
   - konfigurasi Roda *(wheel configuration)*
   - Isipadu dan komposisi beban gandar *(volume and composition of axle load)*
   - Tekanan tayar dan kawasan sentuhan *(tyre preasure and contact area)*

ii. Ciri-ciri Bahan

iii. Cuaca atau Alam Sekitar

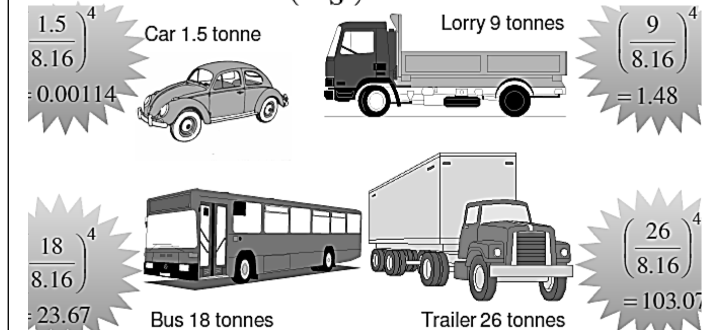


Traffic Loading

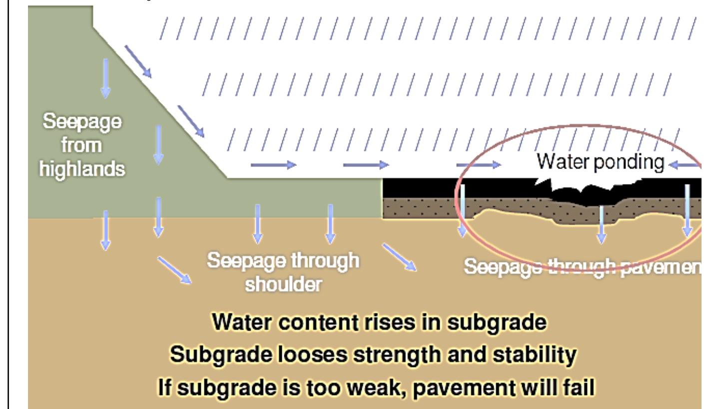
Beban Trafik

$$\text{LOAD FACTOR} = \left(\frac{L_X}{L_S}\right)^4$$

Standard axle load (L_S) = 80kN, 8.16 tonne, 18,000 l



Kesan Cuaca/Alam Sekitar



B) PROSEDUR

i. Hayat rekabentuk jalan adalah 10 tahun.

ii. Anggaran Trafik *(Traffic Estimation):*

Initial Annual Commercial Vehicle Traffic per direction, V_o

$$V_o = AADT \times \frac{P_c}{100} \times 365 \times D \times L$$

where AADT = average annual daily traffic (veh/day) (in both directions)

P_c = percentage of commercial vehicles

D = directional distribution (0.50 if directional split is 50:50)

L = lane distribution (1.00 if single lane)

BY IKHWAN ZAINUDDIN

Total Number of Commercial Vehicles per direction, V_c

$$V_c = \frac{V_o[(1+r)^x - 1]}{r}$$

where r = traffic growth rate

x = design life

Total Equivalent Standard Axles, ESA

ESA = V_c x e where e = equivalent factor (Table 3.5)

Daily Traffic Flow at the end of the design period, V_x

$V_x = V_1 (1 + r)^x$ where V_1 = AADT / 2 (per direction)

Table 3.5: Guide for Equivalence Factor

Percentage of selected heavy goods vehicles	0 – 15%		16 – 50%	51 – 100%
Type of road Equivalence Factor	Local 1.2	Trunk 2.0	3.0	3.7

iii. Anggaran Kapasiti *(Capacity Estimation)*:

Maximum Hourly Capacity, c

c = I x R x T

where I = ideal hourly capacity (Table 3.6)

R = roadway reduction factor (Table 3.7)

T = traffic reduction factor (Table 3.8)

Daily Capacity, C

C = 10 x c (assume c is 10% of C)

Check C > V_x

If C > V_x → capacity will not be exceeded at the end of the design period (OK)

If C < V_x → capacity will be exceeded by the end of the design period (not OK)

When C < V_x happens, need to reduce design period.

Years required to reach capacity, $n = \frac{\log C/V_x}{\log(1+r)}$

Table 3.6: Maximum Hourly Capacity under ideal conditio

Road Type	Passenger Vehicle Uni per hour
Multilane Two Lanes (bothways) Three Lanes (bothways)	2000 per lane 2000 total for bothways 4000 total for bothways

Table 3.7: Carriageway Roadway Reduction Factor

Carriageway Width	Shoulder Width			
	2.00 m	1.50 m	1.25 m	1.00 m
7.5 m	1.00	0.97	0.94	0.90
7.0 m	0.88	0.86	0.83	0.79
6.0 m	0.81	0.78	0.76	0.73
5.0 m	0.72	0.70	0.67	0.64

Table 3.8: Traffic Reduction Factor

Type of Terrain	Factor
Flat	$T = 100/(100+P_c)$
Rolling	$T = 100/(100+2P_c)$
Mountainous	$T = 100/(100+5P_c)$

iv. Pengiraan Ketebalan (Thickness Calculation), T_A

$T_A = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$

where a_1, a_2, a_3 = structural coefficients (Table 3.9)

d_1, d_2, d_3 = layer depth (based on Tables 3.10, 3.11, 3.12)

Table 3.9: Structural Layer Coefficient

Component	Type of Layer	Property	Coefficient
Wearing and Binder Course	Asphalt Concrete		1.00
Base Course	Dense Bituminous Macadam	Type 1 : Stability > 400 kg	0.8
		Type 2: Stability > 300 kg	0.55
	Cement Stabilized	Unconfined compressive strength (7 days) 30 -40 kg/m²	0.45
	Mechanically Stabilized crushed aggregate	80%	0.32
Subbase	Sand, Laterite etc	20%	0.23
	Crushed aggregate	30%	0.25
	Cement Stabilized	60%	0.28

Table 3.10: Structural Layer Coefficient

Type of Layer		Minimum Thickness
Wearing Course		4 cm
Binder Course		5 cm
Base Course	Bituminous	5 cm
	Wet Mix	10 cm
	Cement Treated	10 cm
Subbase	Granular	10 cm
	Cement Treated	15 cm

Table 3-11: Standard and Construction Layer Thickness

Type of Layer		Standard Thickness	One layer lift
Wearing Course		4-5 cm	4-5 cm
Binder Course		5-10 cm	5-10 cm
Base Course	Bituminous	5-20 cm	5-15 cm
	Wet Mix	10-20 cm	10-15 cm
	Cement Treated	10-20 cm	10-20 cm
Subbase	Granular	10-30 cm	10-20 cm
	Cement Treated	15-20 cm	15-20 cm

Table 3.12: Minimum Thickness of Bituminous Layer

T_A	Total thick of bituminous layer
< 17.5 cm	5.0 cm
17.5 – 22.5 cm	10.0 cm
23.0 – 29.5 cm	15.0 cm
> 30.0 cm	17.5 cm

v. Tentukan ketebalan setara *(equivalent thickness)*, TA' menggunakan Nomograph Ketebalan *(Nomograph Thickness)*

Based on subgrade CBR, ESA and T_A values (Figure 3.5).

If CBR varies within the 1 m depth of the subgrade, the mean CBR is calculated:

$$CBR = \left(\frac{h_1 CBR_1^{1/3} + h_2 CBR_2^{1/3} \ldots + h_n CBR_n^{1/3}}{100}\right)$$

Make sure $T_A \geq T_A'$

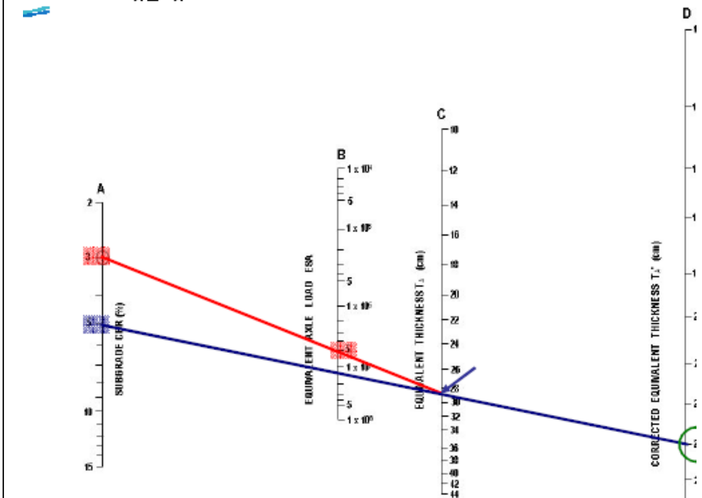
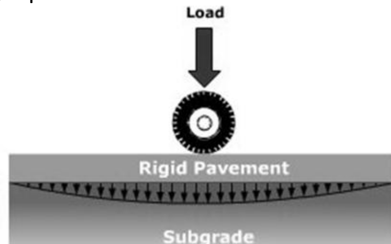


Figure 3-5: Thickness Design Nomograph

BY IKHWAN ZAINUDDIN

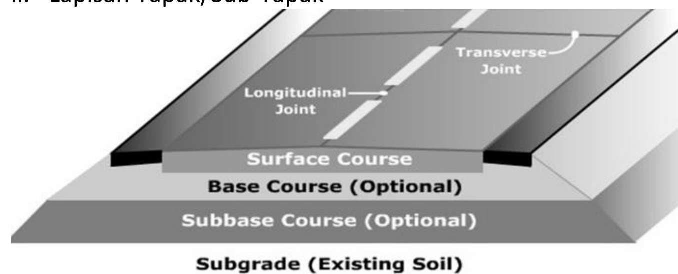
REKABENTUK TURAPAN TEGAR (KAEDAH PCA)

i. Turapan tegar dinamakan sedemikian kerana struktur turapan memesong sangat sedikit di bawah beban disebabkan modulus keanjalan pada lapisan permukaannya adalah tinggi.
ii. Satu struktur turapan tegar biasanya terdiri lapisan permukaan PCC dibina di atas, (1) sub-gred atau (2) lapisan tapak.
iii. Disebabkan ketegaran relatifnya, struktur turapan mengagihkan beban di kawasan yang luas dengan satu, atau dua, lapisan struktur.



A) ELEMEN ASAS TURAPAN TEGAR

i. Lapisan Permukaan – Papak konkrit
ii. Lapisan Tapak/Sub-Tapak

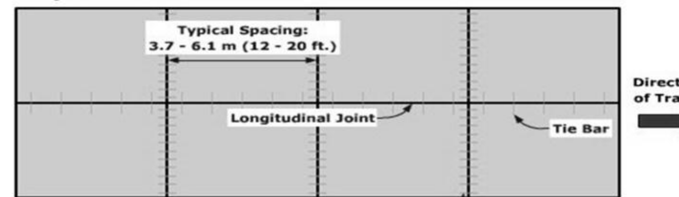


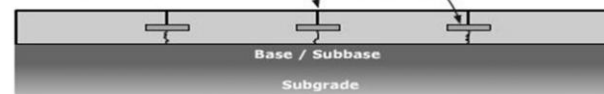


B) JENIS-JENIS TURAPAN KONKRIT

i. *Jointed plain concrete pavement (JPCP)*
ii. *Jointed reinforce concrete pavement (JRCP)*
iii. *Continuous reinforce concrete pavement (CRCP)*

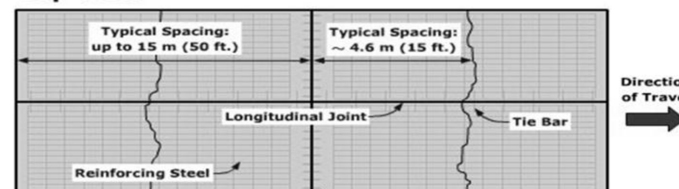
Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP)

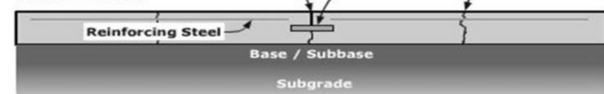




i. Tiadak menggunakan tetulang keluli
ii. menggunakan sambungan pengecutan *(contraction joint)* untuk mengawal keretakan
iii. sambungan melintang *(transverse joint)* dijarakkan untuk mengelakkan sambungan-keretakan disebabkan oleh tegasan daripada suhu dan kelembapan
iv. *dowel bar* digunakan pada sambungan melintang *(transverse joint)* untuk membantu dalam pengagihan beban
v. *tie bar* biasanya digunakan pada sambungan memanjang *(longitudinal joint)*.

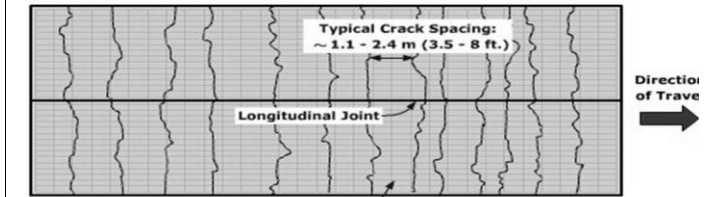
Jointed Reinforced Concrete Pavement (JRCP)

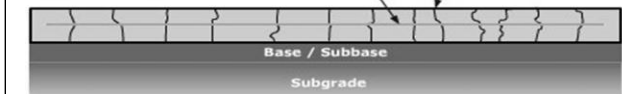




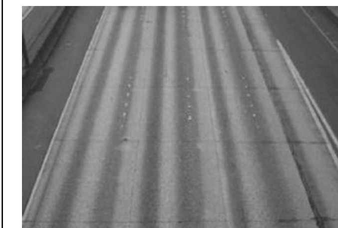
i. menggunakan tetulang keluli
ii. Tetulang keluli dan sambungan pengecutan *(contraction joint)* membantu dalam mengawal keretakan
iii. Pengukuhan *(reinforcing)* keluli / *wire mesh* digunakan untuk menahan keretakan dengan rapat bersama
iv. *Dowel bar* digunakan pada sambungan melintang untuk membantu dalam pengagihan beban
v. Pengukuhan *(reinforcing)* keluli / *wire mesh* membantu pengagihan beban merentasi keretakan

Continuously Reinforced Concrete Pavement (CRCP)





i. Tiada menggunakan sambungan pengecutan *(contraction joint)*
ii. keretakan melintang *(tranverse cracking)* dibenarkan tetapi dipegang dengan rapat bersama tetulang keluli secara berterusan *(continuous steel reinforcement).*


contraction joints


skewd contraction joints





C) KRITERIA REKABENTUK (DESIGN CRITERIA)

i. *Fatigue Analysis – recognizes that rigid pavements fail due to fatigue of concrete.*
ii. *Erosion Analysis – recognizes that rigid pavements fail due to pumping, erosion of foundation, and joint faulting.*

D) FAKTOR REKABENTUK

i. Modulus Kerekahan Konkrit *(Concrete Modulus of Rupture)*
ii. Sokongan Sub-grade dan sub-tapak *(Subgrade and Subbase Support)*
iii. Jangkamasa rekabentuk *(Design Period)*
iv. Trafik *(Traffic)*

BY IKHWAN ZAINUDDIN